

# Weekly report

## 任务

气象项目的体数据漫游

## 算法

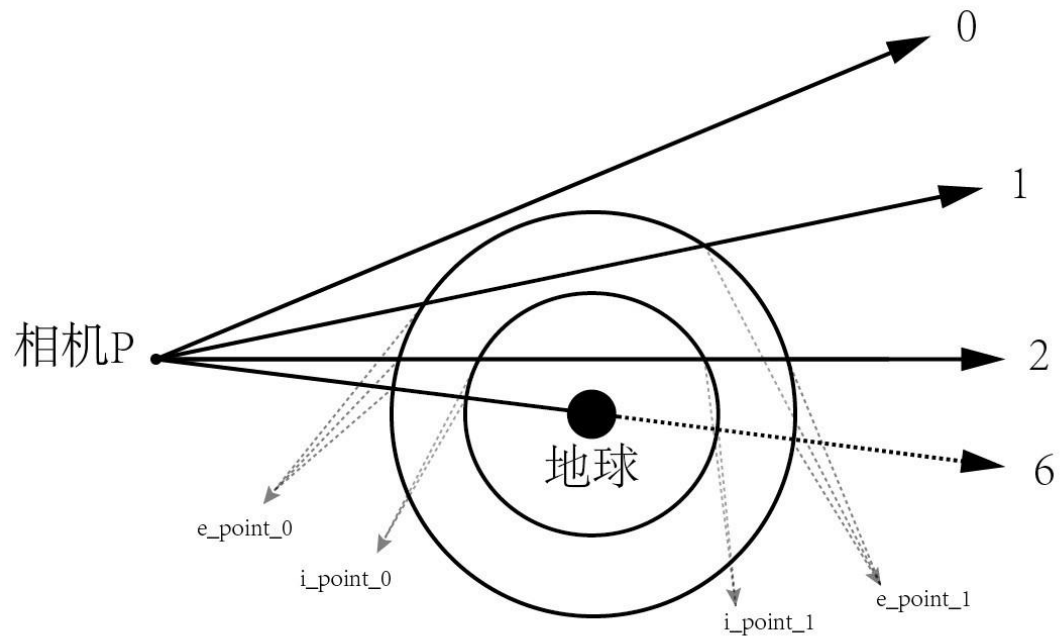


图 1

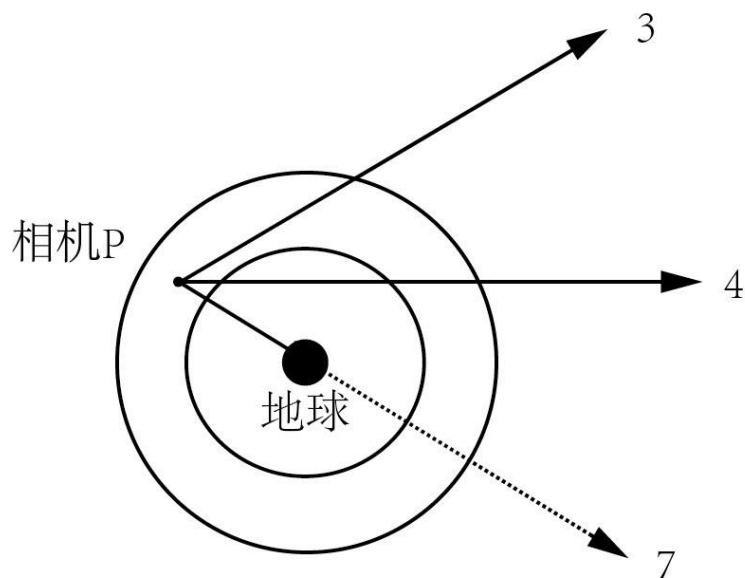


图 2

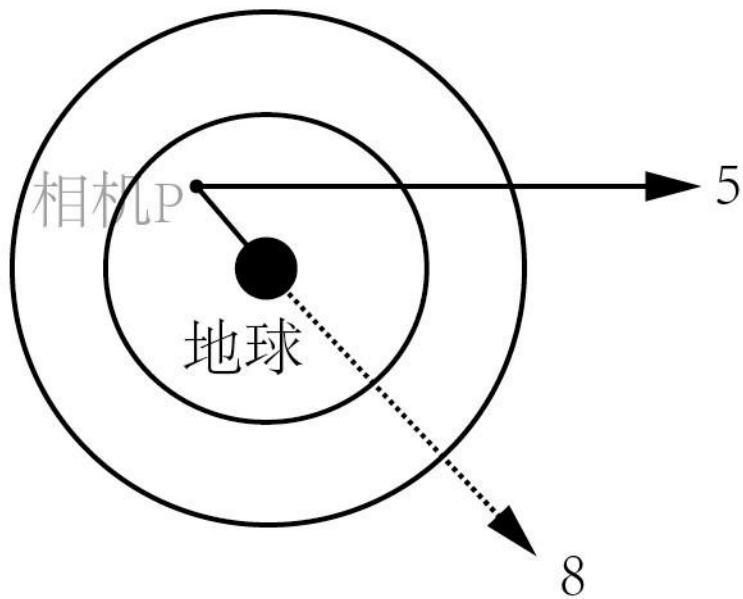


图 3

### 1. 光线与球求交算法

光线定义 :  $\text{Ray} = \text{eye} + t * \text{rayDir}$  初始  $t = 0$

视点定义 :  $\text{eye}(x_0, y_0, z_0)$  即当前相机位置

光线方向定义 :

$$\text{rayDir}(x_d, y_d, z_d) = \text{normalize}(\text{ray\_exit\_point} - \text{eye})$$

出点位置通过对云层体数据外层球体 mesh 进行正面剔除得到。

外层球半径  $\text{RE} = \text{radius\_external}$ 。

内层球半径  $\text{RI} = \text{radius\_internal}$ 。

由于圆心在  $(0, 0, 0)$ ，假设球方程为

$$x_s^2 + y_s^2 + z_s^2 = R^2$$

将光线方程参数化

$$x = x_0 + x_d * t$$

$$y = y_0 + y_d * t$$

$$z = z_0 + z_d * t$$

将其代入椭圆方程，得到光线与球相交的形式方程

$$A * t^2 + B * t + C = 0$$

其中

$$A = x_d^2 + y_d^2 + z_d^2 = 1 \text{ (由于 normalize)}$$

$$B = 2 * (x_0 x_d + y_0 y_d + z_0 z_d)$$

$$C = 2 * (x_0^2 + y_0^2 + z_0^2) - R^2$$

由此可得光线与外球，内球，地球的代理球方程的对应 B,C 值。分别设为 BE, BI, B\_EARTH, CE, CI, C\_EARTH。

再由一元二次方程的解的判别式判断光线与各个球的相交情况。对应判别式分别为 discriminator\_external, discriminator\_internal, discriminator\_earth，形式都为

$$B^2 - 4 * A * C (A = 1)$$

设光线与外球两交点的 t 值为 e\_point\_0, e\_point\_1,

内球对应的 t 值为 i\_point\_0, i\_point\_1。

由于不需要知道光线与地球的实际交点，只需知道是否相交。依据相机与三个代理球的相对位置、交点关系可将光线分为如图 1、2、3 所示的 8 种情况。

如图 1、2、3 所示，首先判断光线是否与地球有交点，即

$\text{discriminator\_earth} > 0$  是否成立，若成立，依据相机是否在外球外，是否在内外两球中间，是否在内球里面对 0、1、2、3、4、5 这六种情况分别通过一元二次方程求根公式计算交点  $t$  值，即如下

$$e\_point\_0 = \frac{-BE - \sqrt{BE^2 - 4 * CE}}{2}$$

$$e\_point\_1 = \frac{-BE + \sqrt{BE^2 - 4 * CE}}{2}$$

$$i\_point\_0 = \frac{-BI - \sqrt{BI^2 - 4 * CI}}{2}$$

$$i\_point\_1 = \frac{-BI + \sqrt{BI^2 - 4 * CI}}{2}$$

可知  $e\_point\_0 < e\_point\_1$   $i\_point\_0 < i\_point\_1$ ，通过各种情况下相机的位置（由相机离地心高度及其与外球内球地球半径的比较获知）易知对应情况下光线在内球和外球的有效交点（通过判别式正负以及四个交点的正负，结合相机和各个代理球的位置可知晓）及其对应的  $t$  值。以光线 1 为例，可知外球的  $e\_point\_0$  和  $e\_point\_1$  就是对应的光线的入点和出点  $t$  值，此时光线入点即为

$$t\_enter\_point = e\_point\_0$$

$$t\_exit\_point = e\_point\_1$$

$$enter\_point = eye + t\_enter\_point * rayDir$$

## 2. 光线投射

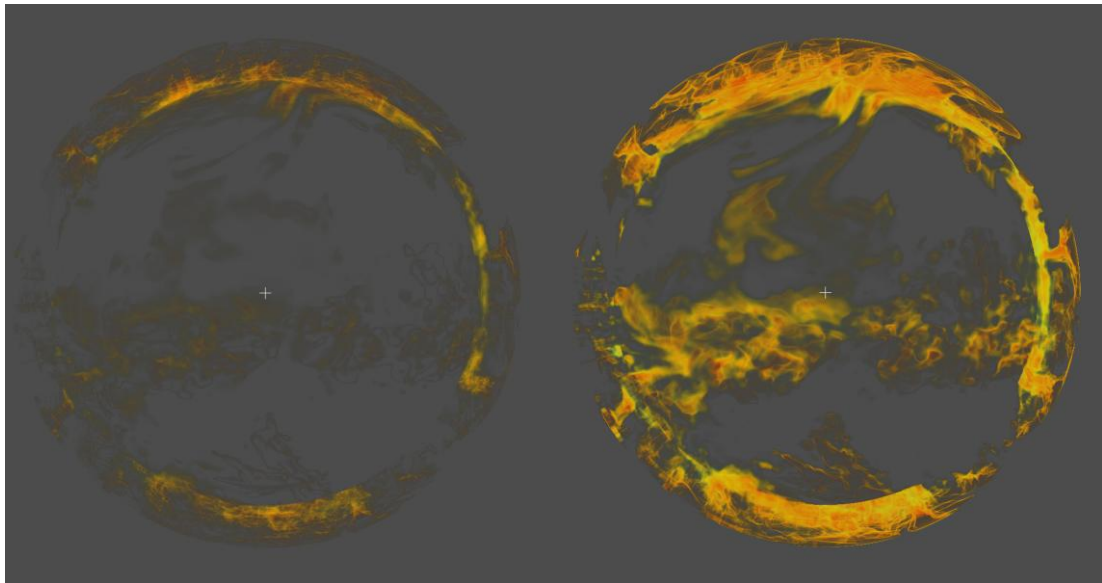
情况 0 和 8 不需要进行光线积分，1,3,5,6,7 使用传统的光线积分方法即可（本工程中需要对光线进行直角坐标到球面坐标的转换，再归一化，以便作为纹理坐标进行纹理查询）。需要特别注意的是情形 2 和 4，需对两段体数据进行光线积分，需要通过 t 值得判断处理光线再入问题。处理逻辑如下

```
if( 2 == situation_tag || 4 == situation_tag )
{
    for( 采样步数内 )
    {
        if( t > t_exit_point )
        {
            break;
        }
        if( t < i_point_0 )
        {
            以之前求得的enter_point为光线位置，从直角坐标转球面坐标并归一化
            体纹理查询获取对应体数据
            2D传输函数纹理查询获得对应RGBA
            累积
            提早截断判断
            光线递进
        }
        else
        {
            ray = eye + rayDir*i_point_1;
            t = i_point_1;
            以新求得的ray位置作为光线位置，从直角坐标转球面坐标并归一化
            体纹理查询获取对应体数据
            2D传输函数纹理查询获得对应RGBA
            累积
            提早截断判断
            光线递进
        }
    }
}
```

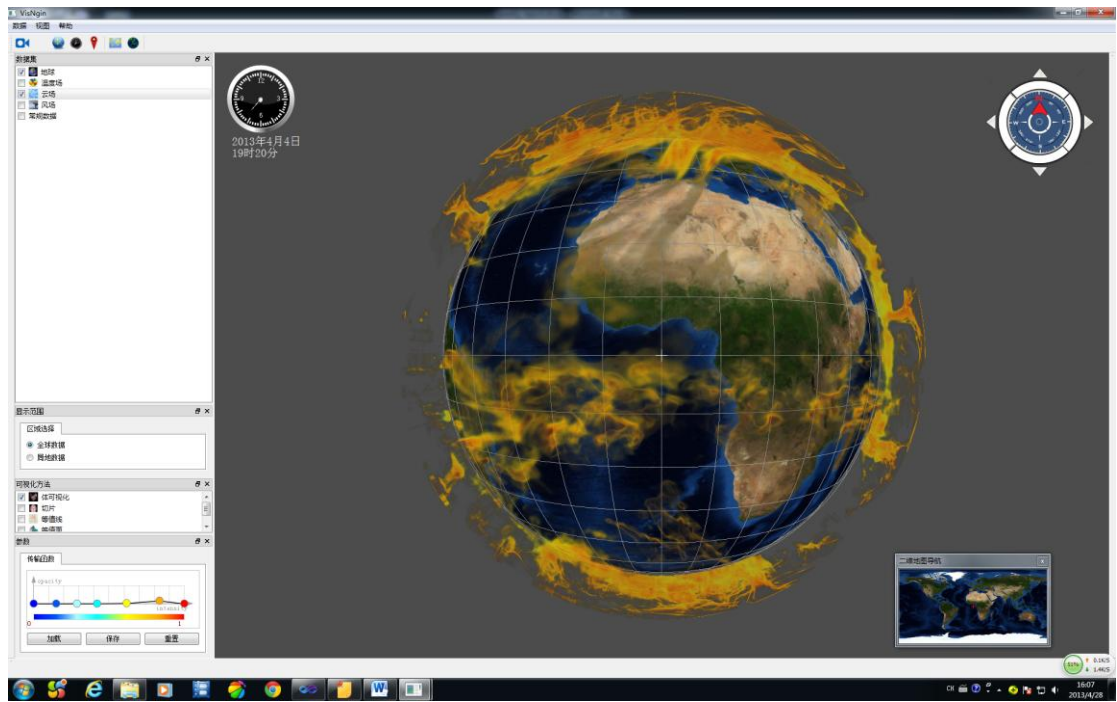
## 改进

除了功能上实现了体数据漫游外，抛弃了原有 volume rendering 方法的两遍 pass 绘制方法，采用一次渲染直接完成并且少用了一张纹理

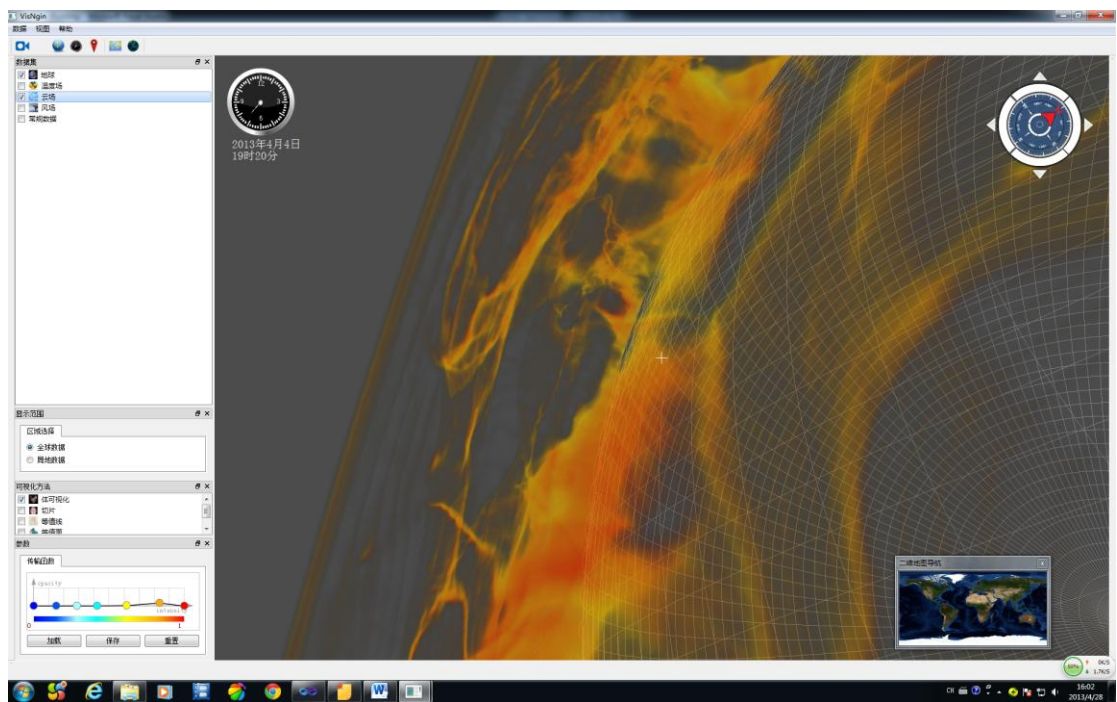
## 结果



左图为炳辉方法总体结果，右图为当前结果，可验证绘制结果的正确性，采样步长和 **RGBA** 全局强度参数略有不同。

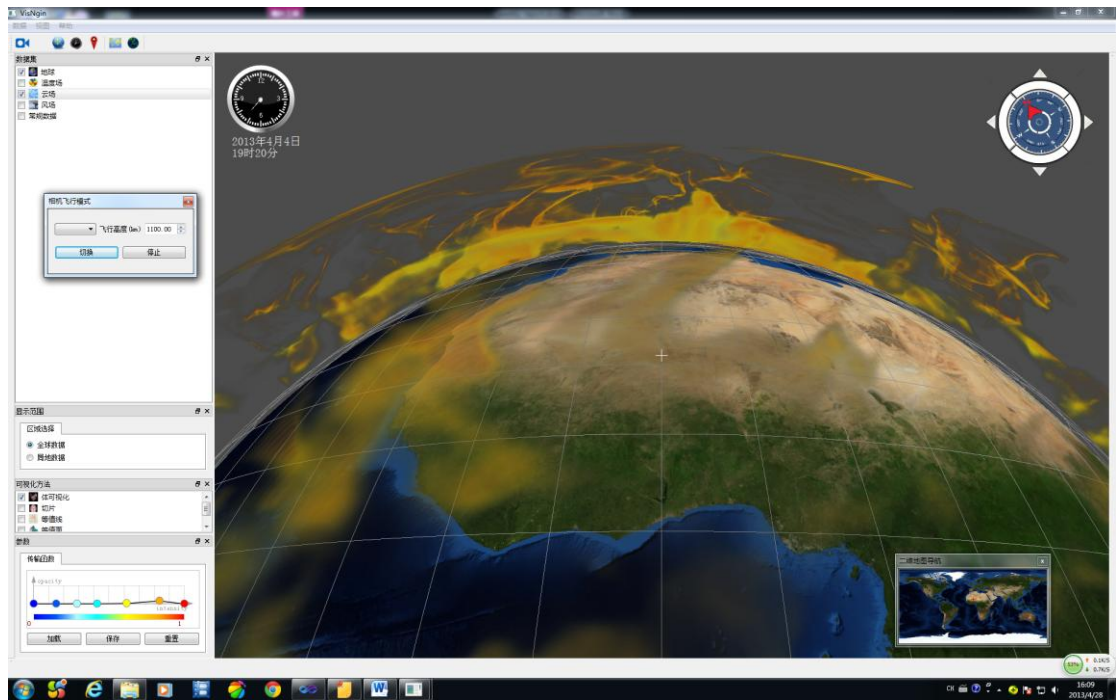


总览图

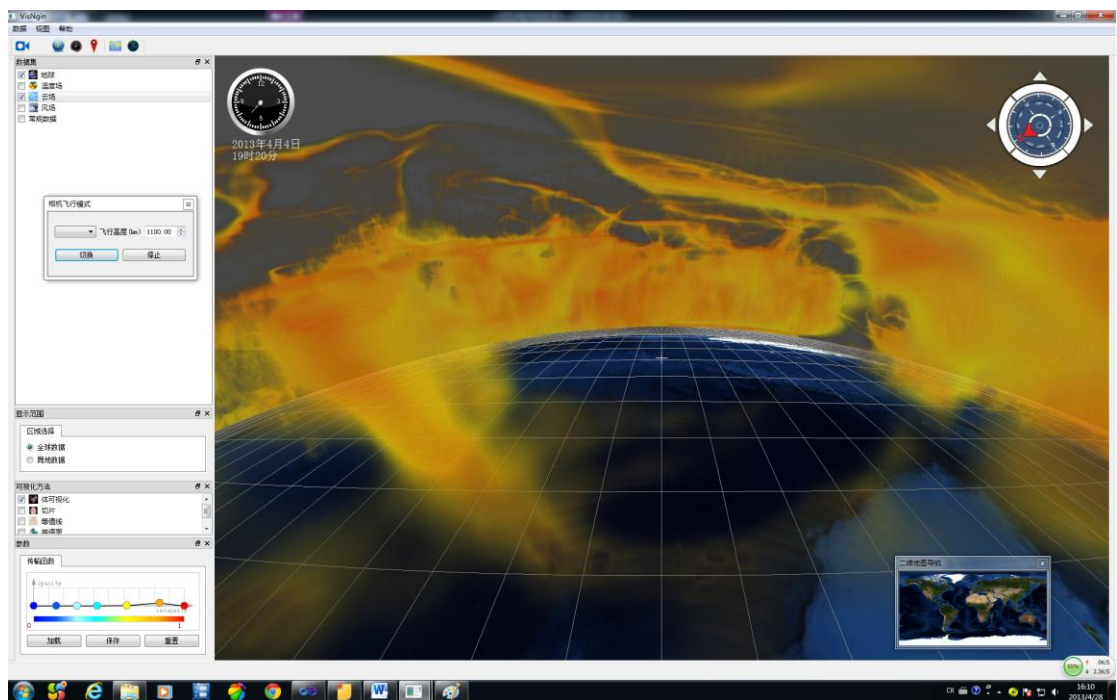


临近体数据



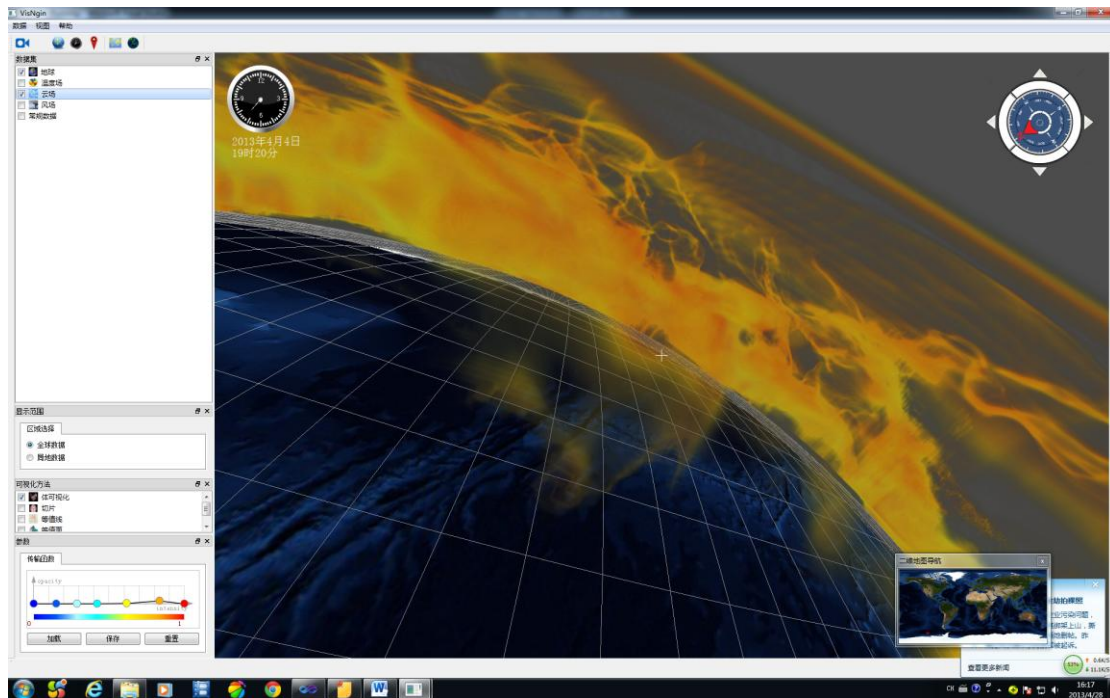


开始漫游



漫游效果 1





## 漫游效果 2

### 测试

为验证程序正确性，进一步做了以下测试，用像素颜色却分不同的光线求交状况和相机位置，说明如下

#### 1.若光线与地球没有交点

情形 0，黑色：两个球都无交,摄像机在外球外面

情形 1，红色：外球两交 内球无交 或者 外球两交 内球切, 摄像机在外球外面

情形 2，黄色：外球、内球皆两交,摄像机在外球外面

情形 3，绿色：外球一个有效交（视点在体数据中），内球无交或者相切，摄像机在体数据中，内球和外球中间

情形 4，蓝色：外球一交（视点在体数据中），内球两交，摄像机在体数据中，内球和外球中间

情形 5，淡蓝色：两个球都只有一个有效交点，摄像机

在内球里面，地球上

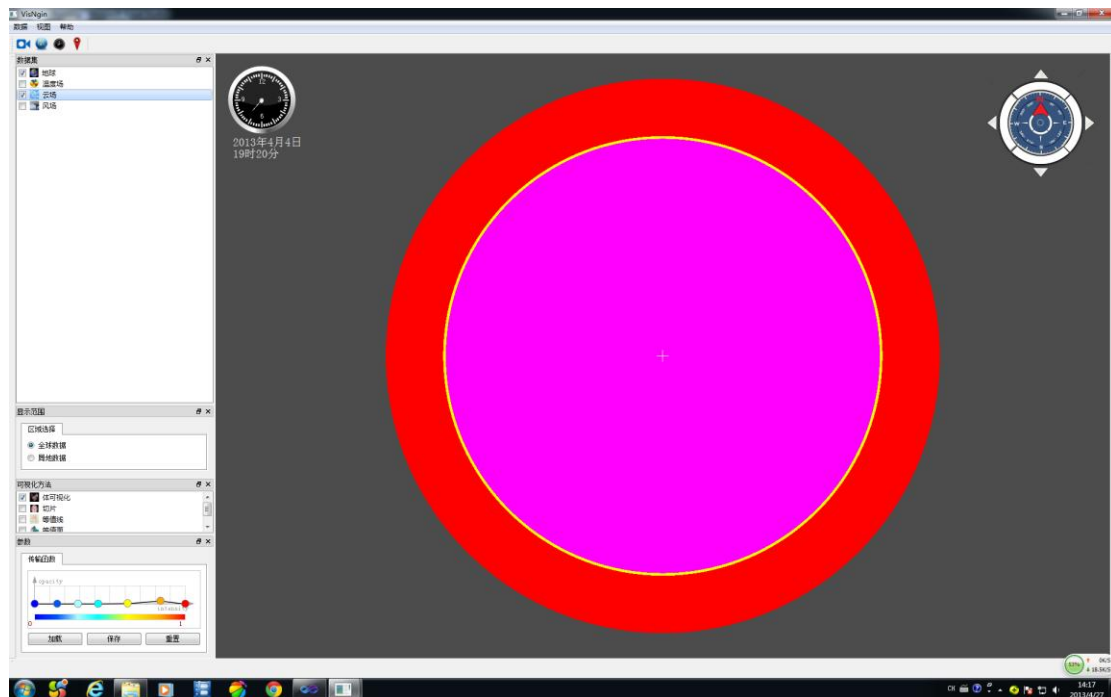
}

## 2.若光线与地球有交点

情形 6，淡红色：外球、内球皆两交

情形 7，白色：外球一交（视点在体数据中），内球两交

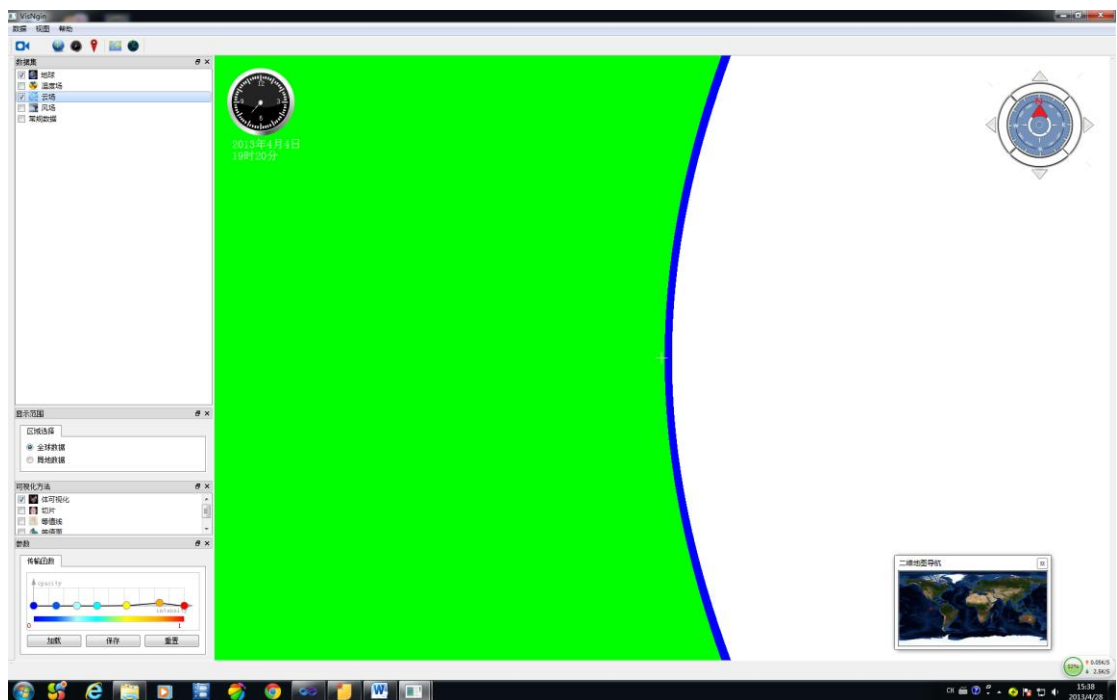
情形 8，黑色：相机在云层以内，地球表面之上，光线被地球遮挡看不见云层。



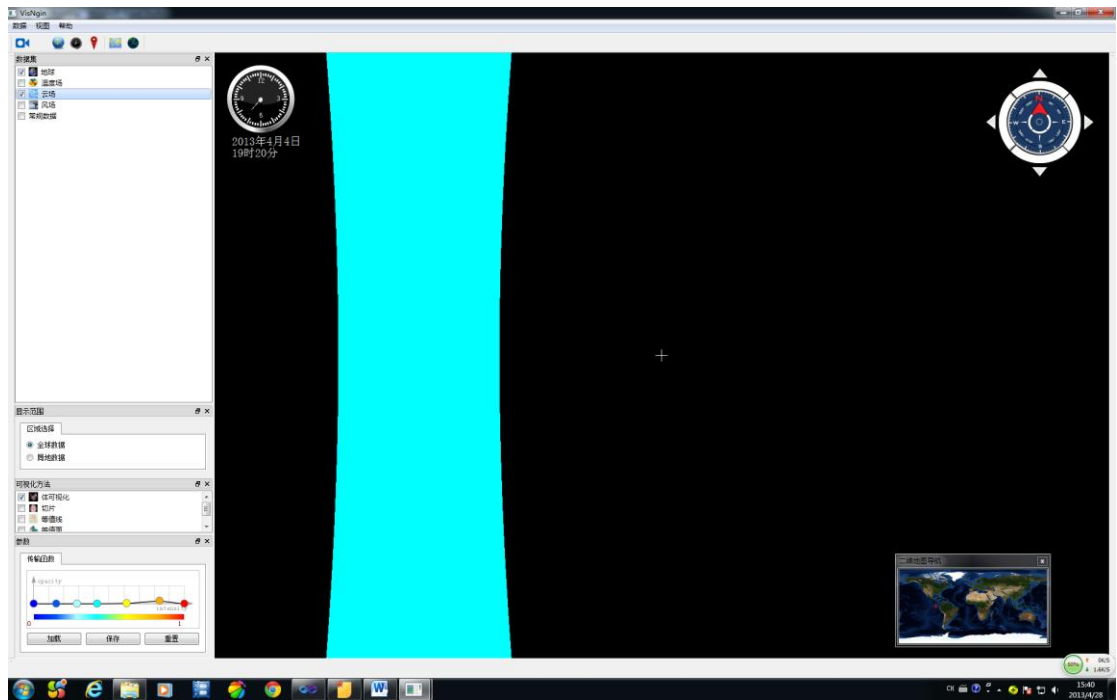
初始状况，证明 1,2,6 正确



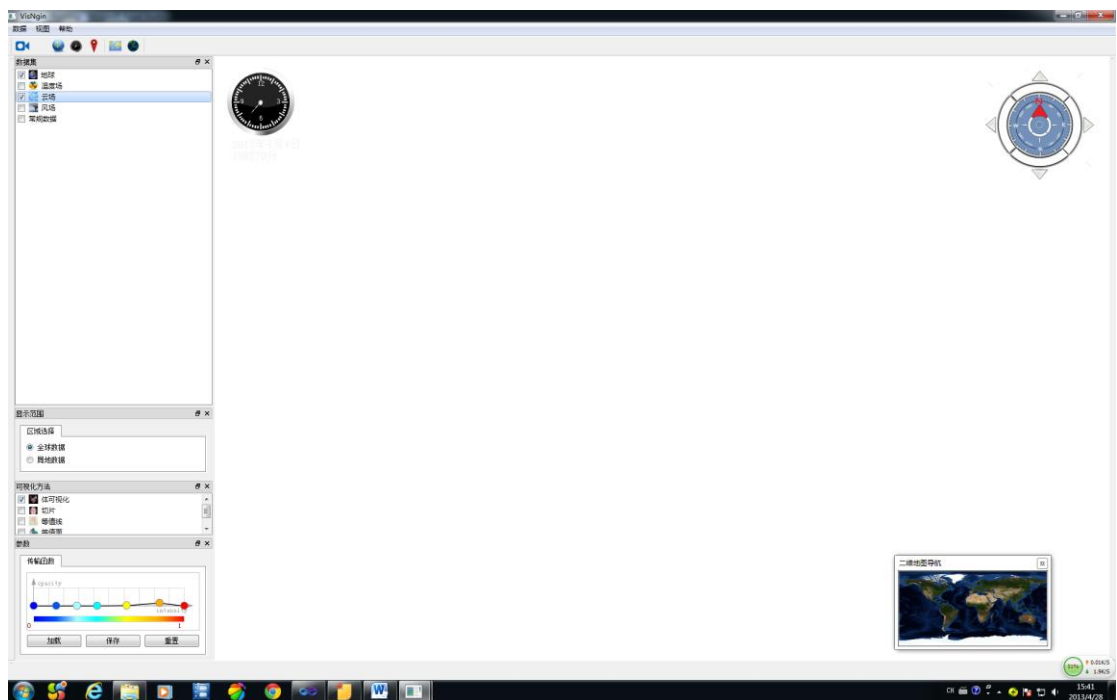
偏移相机 准备 zoom in



进入后，验证情形 3,4,7 正确



进一步 zoom in 验证情形 0 ， 5， 8 正确



正面 zoom in 验证情形 7 正确